Impacto Hidrológico de Embalses de Atenuación sobre Desagües Pluviales en Areas de Llanura

Rohrmann, Hugo R. - Depettris, Carlos A. - Martínez, Luis H.

Departamento de Hidráulica - Facultad de Ingeniería - UNNE
Av. Las Heras 727 - (3500) Resistencia - Chaco - Argentina.
Tel./Fax: +54 (03722) 425064
E-mail:hrohrman@ing.unne.edu.ar - cdepettris@ing.unne.edu.ar - lmhidroyet@infovia.com.ar

ANTECEDENTES

El desarrollo de centros urbanos en áreas de llanuras cercanos a grandes ríos, lleva implícito el análisis de una planificación adecuada de los desagües pluviales, con especiales limitaciones dadas por el medio natural caracterizado por escasas pendientes, elevadas intensidades y volúmenes de precipitación, impermeabilidad creciente y no controlada, y condicionantes en la descarga por niveles elevados de los ríos.

En ese marco el Equipo de Investigación del Departamento de Hidráulica de la UNNE desarrolló en 1998 un trabajo de extensión denominado Plan de Manejo Pluvial del Sector Sur del Area Metropolitana del Gran Resistencia -AMGR-, analizándose el comportamiento de obras de infraestructura tales como desagües pluviales, adecuación de canal colector principal, obra de control de compuertas y estación de bombeo, y ampliación del lago compensador, teniendo como objetivos desarrollar un estudio hidrológico-ambiental, con justificación técnica-económica, y proponer alternativas de manejo que definan capacidad de bombeo y dimensiones de obras de descarga por gravedad, de modo de garantizar en un lago compensador niveles compatibles con el uso del suelo urbano y con las descargas pluviales existentes y proyectadas.

El drenaje de la Zona Sur del AMGR tiene un área de aporte encerrada por las vías del FC General Belgrano, la Ruta Nacional Nº 11, el canal Malvinas - Soberanía Nacional, y la Av. San Martín de Puerto Vilelas, totalizando una superficie de 2717 has, con 1827 has en Resistencia, 750 has en Barranqueras y 140 has en Puerto Vilelas, estando condicionada su descarga por las crecidas del río Paraná.

El análisis se hizo de modo de garantizar las necesidades de drenaje de la totalidad de las cuencas urbanas del área, para una tormenta de diseño con TR 10 años, con previsiones de crecimiento poblacional a 25 años, coincidente con la vida útil de diseño de la red de drenaje. En atención a la frecuencia de ocurrencia de las crecidas del río Paraná, se desarrolló una verificación del funcionamiento del esquema de obras, aplicando eventos de tormenta para TR de 25 y 50 años, asumiendo la situación más desfavorable de tener que evacuar la totalidad de los excedentes hídricos por bombeo.

En base a lo expuesto se considera apropiado exponer los criterios y estudios utilizados y los condicionantes hidrológicos-hidráulicos tomados en cuenta para evaluar el impacto hidrológico de un embalse atenuador en áreas urbanas de llanura.

METODOLOGÍA

Para lograr los resultados requeridos por el trabajo se hicieron los siguientes estudios:

a) Análisis de la impermebilidad actual y futura ya que la generación de escurrimiento se define cuantitativamente por el grado de impermeabilización, utilizándose datos generados por el estudio de fotografías aéreas de Abril 1995, calificando como áreas impermeables al suelo desnudo, pavimento, edificación y agua, y permeables los usos árboles y pastos. Para el escenario de urbanización en proyección a 25 años, se tomaron las previsiones de expansión de cada Municipio con la incorporación de nuevos barrios de viviendas y con la previsión de ocupación que realizan los particulares espontáneamente.

b) El proceso de representar las lluvias intensas requirió asignar TR en función de la distribución probabilística de las lluvias críticas, con datos pluviográficos las estaciones INTA - Colonia Benítez, Aeropuerto Resistencia y Campus - UNNE, con un registro de 1960/98 se conformaron series de valores críticos anuales de duraciones de 15, 30, 45, 60, y 120 minutos, 3 y 4 horas, que permiten cubrir los tiempos de retardo de las subcuencas urbanas delimitadas y el tiempo de concentración del sistema. La tormenta de diseño se obtuvo con la distribución teórica de mejor ajuste aplicando el programa AFMULTI, resultando la distribución GEV como la que mejor representó la recurrencia de 10, 25 y 50 años.

c) Estudio hidrológico con el uso del modelo AR-HYMO, aplicado con buenos resultados para reproducir situaciones críticas con la relación precipitación-escorrentía en áreas urbanas. Permitió obtener hidrogramas urbanos, propagarlos por conductos o cauces naturales, y transitarlos por canales y embalses, evaluándose el funcionamiento del sistema de desagües con la propagación de la tormenta de diseño de TR 10 años, y los escenarios de 25 y 50 años.

d) Análisis de simultaneidad de ocurrencia conjunta de eventos con precipitación crítica en el recinto urbano y de crecidas del río Paraná, que afecten la operación del sistema de descarga del lago compensador, concluyéndose que la ocurrencia de una precipitación crítica en 4 horas es un evento independiente de una crecida del Paraná, ratificándose la independencia de los eventos.

e) Se realizó la recopilación de la topografía del embalse existente y los estudios topográficos necesarios para determinar la capacidad de almacenamiento del embalse propuesto, con la obtención de curvas de nivel con equidistancia de 50 cm, y el uso del sistema de mapeo de superficie SURFER, concretando el cálculo de las curvas de cota-almacenamiento y cota-área inundada.

f) El dimensionamiento hidráulico del canal principal se hizo partiendo de los caudales generados por la tormenta de diseño en las distintas cuencas de aporte al mismo, con caudales que ingresan a través de conductos perpendiculares que toman el agua en la cabecera de cada cuenca. Con la cota máxima de operación del embalse en 47.30 m MOP, evitando el efecto de remanso, se obtuvieron las secciones del canal por tramos con variación de caudal con sección trapecial simple y trapecial compuesta, por ser la más conveniente por su sencillez de construcción y facilidad de limpieza en operación del canal.

g) Se evaluaron dos alternativas para el manejo de los excedentes pluviales en la zona del lago compensador Sur, identificadas como Alternativa A que contempla la ampliación de la superficie del lago actual en la dirección sureste cerrando sobre el cauce del Riacho Arazá en intersección con la Av. Colón de Puerto Vilelas y conectando con las actuales defensas en la Av. San Martín. Esto permite el aumento de la superficie de embalse en 113,8 has llevando el total del área posible de utilizar para almacenamiento de compensación a 253,8 has, disminuyendo la necesidad de bombeo y la descarga por gravedad. La Alternativa B consiste en utilizar el actual lago compensador, incrementando la capacidad de bombeo y de descarga por gravedad en función de las necesidades que imponen las condiciones actuales y futuras del sistema.

h) La evaluación de impacto ambiental persiguió los objetivos de: -Identificar los impactos que generen las diversas acciones en las fases de construcción y funcionamiento del lago compensador que advierta de las medidas correctoras y/o minimizadoras a adoptar. -Predecir y evaluar las consecuencias que aparezcan al ejecutar la obra y durante el periodo de funcionamiento. -Corregir los impactos negativos, potenciar los positivos y proponer recomendaciones para prevenir efectos no deseados.

i) Con la evaluación económica se determinaron los daños evitados, el cálculo del beneficio esperado, los beneficios indirectos, la determinación de los diferentes tipos de costos de construcción, el cálculo de los indicadores económicos con los valores de inversiones, reinversiones, ampliaciones, costos de mantenimiento y operación, beneficios esperados, beneficio indirecto y valores residuales, con el cálculo del Valor Actual Neto para una tasa del 12% y un período de análisis de 25 años. Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad para observar los elementos de mayor incidencia en el proyecto.

RESULTADOS

La evaluación del impacto hidrológico de las capacidades necesarias de atenuación en cada alternativa de embalse, tanto en bombeo como en obra de descarga por gravedad se realizó contando como datos los hidrogramas de ingreso al embalse, luego de sumarse los caudales de aporte de las cuencas del sistema y propagados en el canal. El volumen inicial o nivel mínimo de embalse tiene cota MOP 45,50 m, y una cota máxima tomada como límite de 47,30 m MOP, de modo de impedir que en el sistema de desagües y en el canal colector comience a producirse efecto de remanso asociado a pendientes reducidas.

Las ecuaciones de almacenamiento de ambos embalses permitieron seguir a paso de tiempo de 15 minutos la evolución de las distintas variables participantes, tales como el volumen evacuado por bombeo, la evacuación por alcantarillas con compuertas para situaciones de río Paraná bajo, los caudales de evacuación del vertedero asociados al número de luces y a la altura del embalse, el volumen remanente que permite calcular las alturas de los embalses al final del Δt considerado, con la condición de verificar que no se superen

los límites impuestos. Se calculó además la secuencia de encendido de las bombas permitiendo conocer la evolución del almacenamiento, su altura y el área inundada.

Las distintas situaciones analizadas fueron: 1) Río Paraná alto y precipitación de TR 10 años. Bombeo de diseño. 2) Río Paraná alto y precipitación de TR 25 años. Bombeo de diseño y propuesta de bombeo adicional, si existen anegamientos en sectores urbanos. 3) Río Paraná alto y precipitación de TR 50 años. 4) Río Paraná bajo y precipitación de TR 10 años. Diseño de la Obra de descarga. 5) Río Paraná bajo y precipitación de TR 25 años. Capacidad de la obra de descarga de dimensiones necesarias, si existen anegamientos en sectores urbanos. 6) Río Paraná bajo y precipitación de TR 50 años.

A modo de resumen del trabajo de evaluación del impacto hidrológico de las alternativas de embalses compensadores, se muestra en el cuadro siguiente los resultados obtenidos, con las recurrencias establecidas en el estudio de 10, 25 y 50 años:

RESULTADOS

Alternativa A (Superficie de embalse de 254 hectáreas).

Estado del Paraná	Precipitación de Diseño Considerada	Capacidad de Bombeo Necesaria (*)	Capacidad de Bombeo Adicional	Capacidad de la Obra de Descarga	Capacidad de Bombeo Total
Alto	TR 10 años	5.60	-	-	-
Alto	TR 25 años	5.60	2.90	-	8.50
Alto	TR 50 años	5.60	8.60	-	14.2
Bajo	TR 10 años	-	-	5 luces x 1 m	-
Bajo	TR 25 años	-	-	5 luces x 1 m	-
Bajo	TR 50 años	-	-	5 luces x 1 m	-

Alternativa B (Superficie de embalse de 140 hectáreas).

Estado del Paraná	Precipitación Considerada	Capacidad de Bombeo Necesaria (*)	Capacidad de Bombeo Adicional	Capacidad de la Obra de Descarga (**)	Adicional de Obra de Descarga	Capacidad de Bombeo Total
Alto	TR 10 años	17.50	-	-	-	17.50
Alto	TR 25 años	17.50	3.60	-	-	21.10
Alto	TR 50 años	17.50	12.20	-	-	28.00
Bajo	TR 10 años	-	-	Actual	2 luces 1m	-
Bajo	TR 25 años	9.50	-	Actual	2 luces 1 m	9.50
Bajo	TR 50 años	16.50	-	Actual	2 luces 1 m	16.50

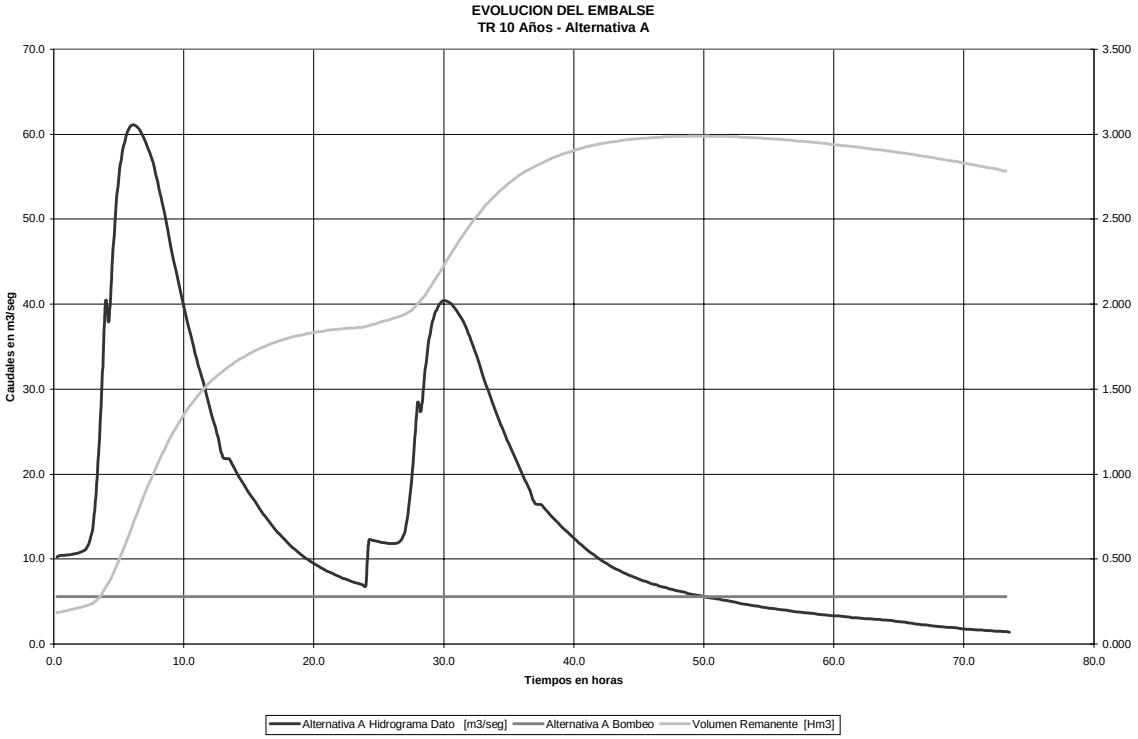
(*) La capacidad de Bombeo calculada es tal que en ningún caso se supera la cota de 47.300 MOP.

(**) La capacidad de la obra de descarga se calculó trabajando a las alcantarillas actuales y futuras como conductos de i = 0.005 y un 15 % de reducción de caudal por efecto de embocadura.

La alternativa propuesta por el análisis técnico-económico-ambiental fue la A, con los valores de diseño siguientes:

Tiempo de Recurrencia	**10 Años**	**25 Años**	**50 Años**
Caudales de Bombeo	5.6 m3/s	8.5 m3/s	14.2 m3/s
Obra de Descarga	5 luces de 1 m	5 luces de 1 m	5 luces de 1 m
Alturas Máximas c/Vertedero	46.85 m	46.98 m	47.22 m

Para visualizar el impacto o atenuación del embalse propuesto se adjunta el gráfico siguiente con la evolución del hidrograma dato, del volumen embalsado y el caudal de bombeo:



CONCLUSIONES

- El trabajo determinó con estudios de impermeabilidad actual y futura; intensidades de precipitación críticas de duración 15, 30, 45, 60 y 120 minutos, 3 y 4 horas; evaluación hidrológica con modelo precipitación-escorrentía para situaciones de 10, 25 y 50 años, topografía de los embalses, dimensionamiento hidráulico del canal principal, la elección en base al análisis técnico-económico y ambiental, de una alternativa de embalse compensador para los desagües pluviales del AMGR, de 254 hectáreas de superficie, con caudal de bombeo de 5,6 m3/s y obra de control de 5 luces de 1 m de ancho.

- Los riesgos de diseñar un embalse con una capacidad de almacenamiento reducida en relación al volumen generado por las tormentas críticas, quedan reflejados en la necesidad de estaciones de bombeo de gran porte (Qd = 28 m3/s para TR = 50 años). Esto marca a su vez una relación directa entre la atenuación de las crecidas urbanas y el área a inundar con el embalse de compensación, lo cual responde a la escasa capacidad de regulación inmediata de las depresiones naturales de la zona.

- El desarrollo de grandes centros urbanos en las planicies de inundación de ríos como el Paraná, debe implicar que se conozca y difunda adecuadamente en la sociedad, no solo el costo que representa un funcionamiento de los desagües urbanos compatibles con la no generación de anegamientos, sino que a su vez se advierta sobre los peligros reales y potenciales que se provocan si no se pone límite a dichos avances.

REFERENCIAS

- AFIN - Grupo de Investigación del Departamento de Hidráulica. Estudio de los Desagües Pluviales del Sector Sur de Resistencia. Diciembre de 1995. Contrato CFI-AFIN. Resistencia.

- Consultora HALCROW. Estudio de regulación del valle aluvial de los ríos Paraná, Paraguay y Uruguay para el control de inundaciones. SUCCE. 1994. Buenos Aires.

- MAZZA, J; FORNERO, L; LITWIN, C. y FERNANDEZ, P. Modelo AR-HYMO, Manual del Usuario. INCYTH-CRA-CFI. 1994. Mendoza.

- PAOLI, C; BOLZICCO, J y CACIK, P. Análisis de Frecuencia para la Determinación de Crecidas de Diseño. FICH-UNL. 1991. Santa Fe.